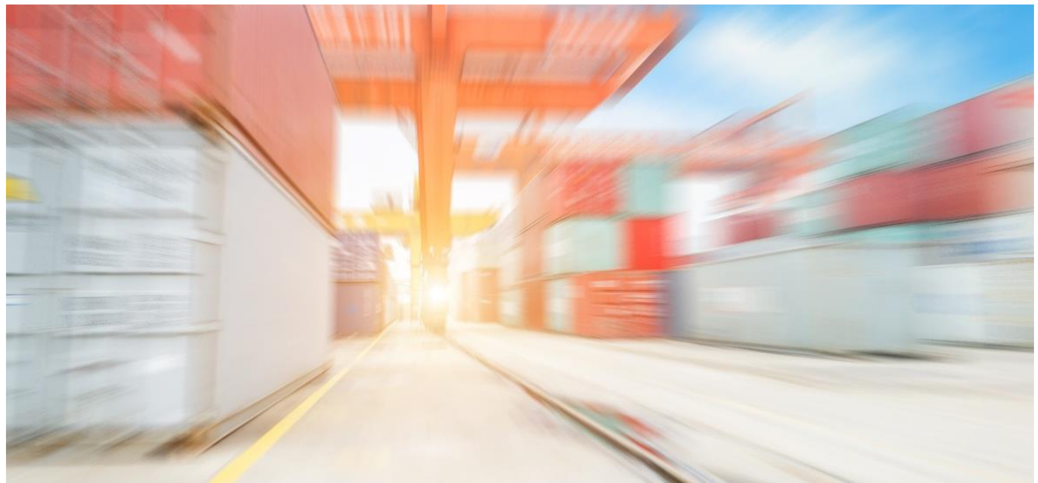
Technische Universität Berlin

# Prof. Dr.-Ing. Frank Straube

**Logistikpraxisseminar 2021 : Digitale Zwillinge von Logistiksystemen: Typologien, Anwendungen und Zukunftsnutzen**





# Typologien und Anwendungsnutzen digitaler Zwillinge in Logistiksystemen

**15. April 2021**

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

# Agenda

1. Definition und Typologien
2. Anwendungsnutzen
3. Ausblick auf das Praxisseminar

# Einführung zu Digitalen Zwillingen



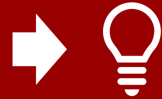
April 1970: Apollo 13 wurde auf die Reise zum Mond geschickt




55 Stunden später: Ein Sauerstofftank explodierte an Bord



Die Rettungsaktion glückte – auch dank eines Digitalen Zwillings



**Grundidee**: Ein digitales Abbild, welches sich gleich verhält wie das reale System.

Vorteile:



Detailgetreues, stets verfügbares Abbild



Datengetriebene Analysen am digitalen Modell



Entscheidungshilfe durch Was-wäre-wenn-Szenarien




Internet of Things



Cloud Computing




Big Data



Künstliche Intelligenz




5G



Blockchain



Quellen: Siemens 2020, Miskinis 2020, Grieves und Vickers 2017, Ivanov und Dolgui 2020, Deutsche Bahn 2020, Leng et al. 2020

## Definition und Typologien
# Digitale Zwillinge in Logistiksystemen

Warum eignet sich die Logistik als Anwendungsgebiet von Digitalen Zwillingen?

 komplexere Logistiksysteme – es fehlt an Transparenz  Detailgetreues, stets verfügbares Abbild

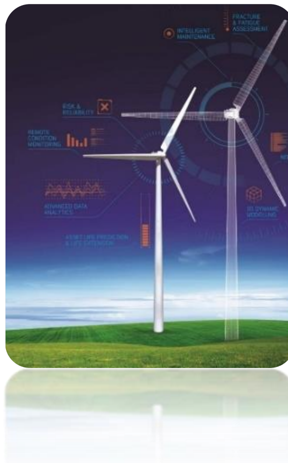
 Große Datenmengen müssen beherrscht und analysiert werden  Datengetriebene Analysen am digitalen Modell

 Viele Interdependenzen erschweren Entscheidungsfindungen  Entscheidungshilfe durch Was-wäre-wenn-Szenarien

### „Klassischer“ DT

Product Lifecycle Management

Predictive Maintenance

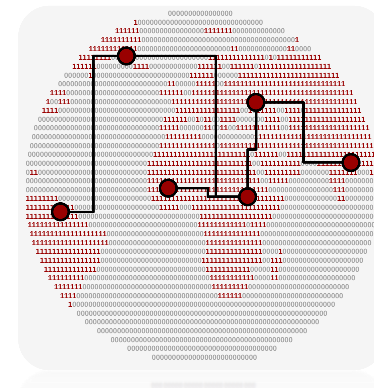


„…ein physisches System **bis zur mikroatomaren Ebene**“

### Digitaler Logistik Zwilling

„…a **physical object**, its **digital representation** and **their connection**“

„…a **linked collection of data**”



„…a **detailed simulation model**”

 **Wir brauchen eine klare Definition!**

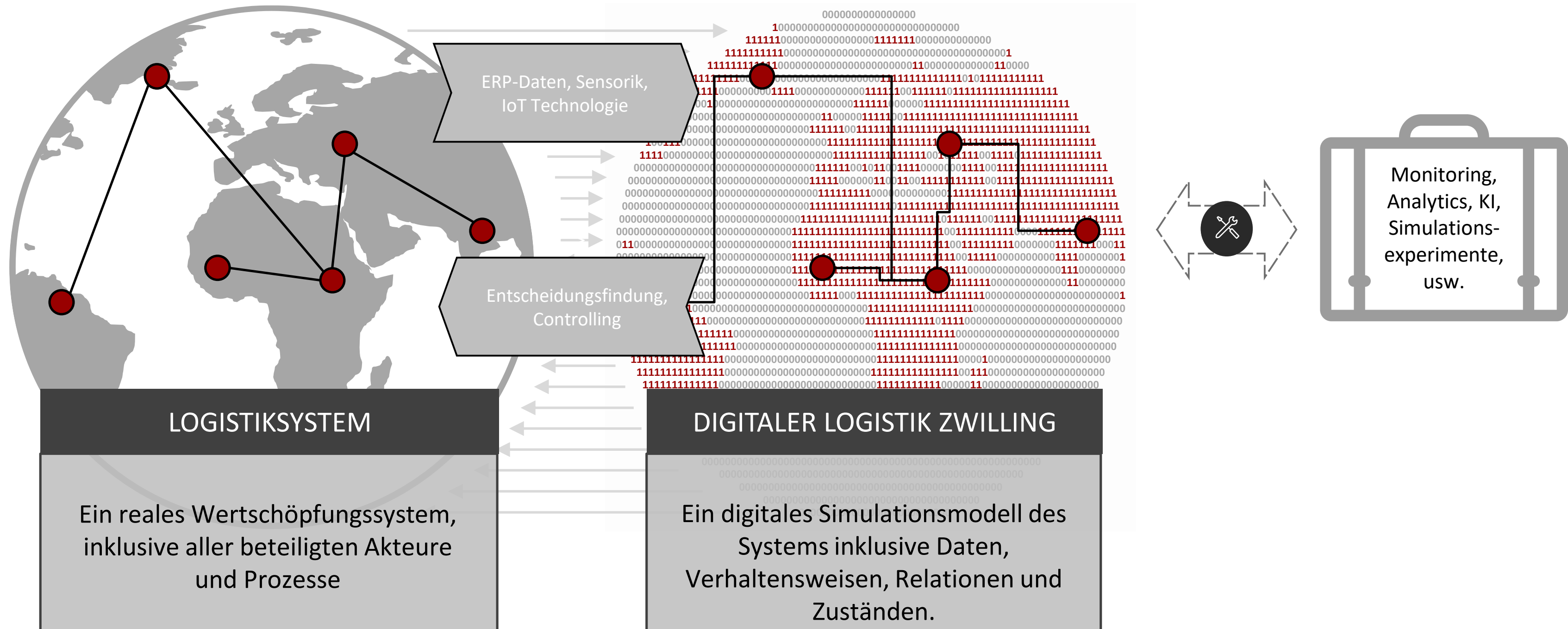


Quellen: Herden 2019, Nitsche 2018, FG Logistik – Straube 2021, Tao et al. 2019, Min et al. 2019, Grieves und Vickers 2017, Srai et al. 2019, Marmlejo-Saucedo 2020, Korth et al. 2018

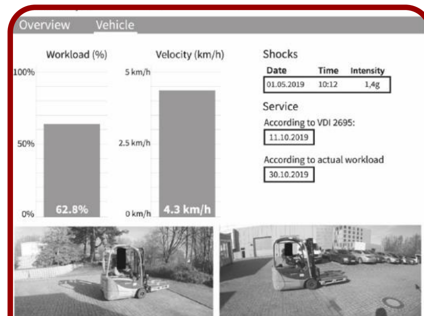


# Definition: Der Digitale Logistik Zwilling

> *Ein **Digitaler Logistik Zwilling** ist ein digitales Simulationsmodell eines realen Logistiksystems, welches in einem langfristigen, bidirektionalen und rechtzeitigen Datenaustausch mit diesem System steht. Durch Beobachtung des digitalen Modells können so Informationen über das reale Logistiksystem gewonnen werden um Entscheidungen zu treffen und Handlungen durchzuführen.*



# Beispiele von DT aus Wissenschaft und Praxis




**Haße et al. (2019)**
**DT eines Gabelstaplers**
*Evaluation der Effizienz*





**DHL, Tetrapack (2019)**
**DT eines Lagerhauses**
*Mehr Sicherheit und Transparenz*





**Siemens (2018)**
**DT eines Value Systems**
*Unterstützung im Anlagenmanagement*





**Deutsche Bahn (2021)**
**Think Tank zu DT**
*Verbindet 120 Partner aus Wissenschaft und Praxis*



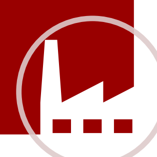



**DM (2020)**
**DT von Filialen**
*Erhielten Deutschen Logistik Preis auf DLK*






**Hannover Messe (2021)**
**DT vielfach thematisiert**
*u. a. als „Herzstück“ der Industrie 4.0*





Quellen: Haße et al. 2019, DHL 2019, AnyLogic 2018, Jeschke 2020, Hannover Messe 2020a, Hannover Messe 2020b

# Typologien Digitalen Logistik Zwillingen

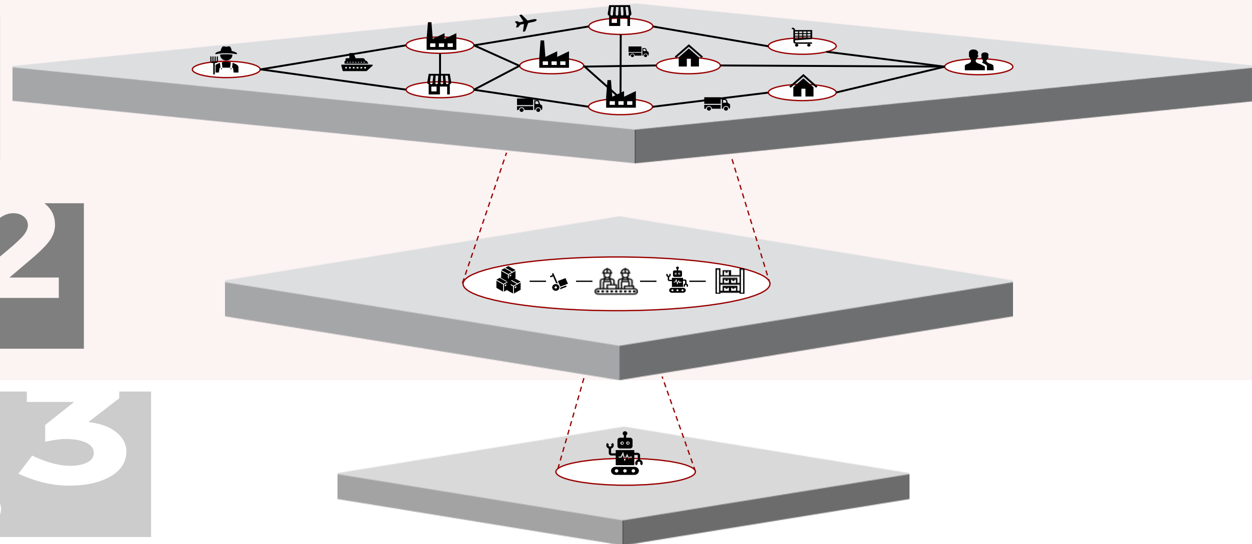
## Ebenen des Betrachtungsraums

Forschungsfeld
Digitale Logistik Zwillinge

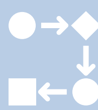
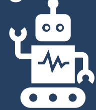
**1 Netzwerk-Ebene**
*Multi-Stakeholder Wertschöpfungs-netzwerk*

**2 Standort-Ebene**
*Logistik-Standort (z.B. Lagerhaus)*

**3 Asset-Ebene**
*Logistik-Asset (e.g. LKW, Gabelstapler)*



## Hierarchie der Leistungsfähigkeit

| Überwachend | Operationell | Simulierend/ Vorhersagend | Intelligent/ Lernend | Autonom/ Managing |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |

Evolution der Technologie →



Quellen: FG Logistik – Gerlach und Zarnitz 2021, FG Logistik – Straube 2021, Wagg et al. 2020





# Agenda

1. Definition und Typologien
2. Anwendungsnutzen
3. Ausblick auf das Praxisseminar

# Anwendungsbereiche Digitaler Zwillinge in der Logistik

### Der digitale Einkäufer

- Sourcing-Strategien durch Szenario-Analysen festlegen
- Risikobewertung mit Was-wäre-wenn-Szenarien

### Der digitale Spediteur

- Real-Time-Routenoptimierung
- Ein Schritt auf dem Weg zum Autonomen Gütertransport




### Der digitale Disponent

- Optimale Ressourcen-Ausnutzung
- Erweiterte ETA-Prognosen
- Nachhaltigere Transportnetzwerke

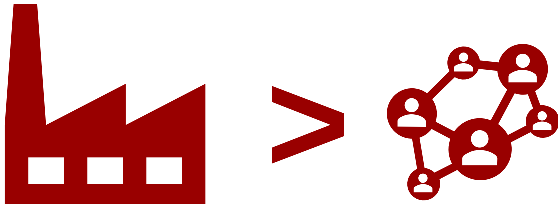
### Der digitale Manager (?)

- ???



Quellen: FG Logistik – Gerlach und Zarnitz 2021, FG Logistik – Straube 2021

# Nutzenpotenziale – ein Überblick



Digitale Zwillinge auf **Standort-Ebene** sind in Wissenschaft und Praxis häufiger anzutreffen, als Exemplare auf **Netzwerk-Ebene.**

Was macht den Digitalen Logistik Zwilling besonders **?**



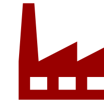
Der Digitale Logistik Zwilling deckt Schwachstellen im Logistiksystem auf, **nach denen man nicht gesucht hat.**



Der Digitale Logistik Zwilling hat eine abteilungs- und unternehmensübergreifende **Erklärungsfunktion**

Hauptsächliche Anwendungsbereiche:

- Produktionsplanung
- Shopfloor Management

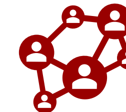


Nutzenpotenziale:

- Simulation verschiedener Szenarien zur Ermittlung des **optimalen Produktionsplans**
- **Vorhersagen über Materialverfügbarkeiten** zur Effizienzsteigerung
- Befähiger von **Autonomen Systemen** (AGVs, **Robots**)

Hauptsächliche Anwendungsbereiche:

- Risikomanagement
- Netzwerk-Optimierung



Nutzenpotenziale:

- **Erhöhung der Resilienz** von Lieferketten durch Szenarioanalysen
- Bestimmung **optimaler Sourcing-Strategien** unter Betrachtung verschiedener Volatilitätsaspekte
- **Entscheidungsunterstützung** durch Beherrschbarkeit der Komplexität



Quellen: FG Logistik – Gerlach und Zarnitz 2021, FG Logistik – Straube 2021



TU berlin

# Was macht das Fachgebiet Logistik der TU Berlin? (Auszug)




- Smarte Entscheidungs-assistenz in der Binnenschifffahrt
- ETA-Prognosen durch KI-Methoden










- Schaufensterprojekt für KI in der Mobilität
- Logistikkonzepte und Autonomes Fahren




SCHAEFFLER

- Digitaler Zwilling für die Planung und Steuerung von Logistiknetzwerken
- Prozessuale und technologische Voraussetzungen für die Implementierung







- Das Fachgebiet vermittelt in Modulen Methodisches Wissen
- Supply Chain Analytics
- Simulation von Logistiksystemen
- Methoden der Künstlichen Intelligenz



Quellen: FG Logistik – Forschungsprojekt SELECT 2021, FG Logistik – Forschungsprojekt BeIntelli 2021, FG Logistik – Forschungsprojekt Digital Twin 2021, FG Logistik – Straube 2021

## Ausblick

# Was erwarten wir in der Zukunft?

















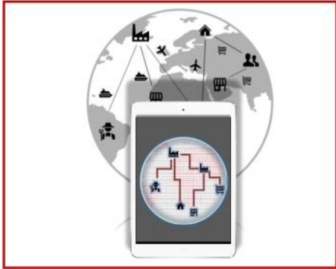




# Agenda

1. Definition und Typologien
2. Anwendungsnutzen
3. Ausblick auf das Praxisseminar

# Was erwartet uns heute?



SCHAEFFLER

SIEMENS
Siemens Digital Logistics







| Zeit | Titel | Vortragende | Institution |
|---|---|---|---|
| 13:30-13:45 | *Typologien und Anwendungsnutzen digitaler Zwillinge in Logistiksystemen* | ***Prof. Dr.-Ing. Frank Straube*** | *Technische Universität Berlin, Leiter Fachgebiet Logistik* |
| 13:45-14:10 | *Digital-Twin Implementierungen zur Planung von Logistiksystemen* | ***Dr. Ingmar Schüle, Simon Zarnitz, M.Sc.*** | *Schaeffler AG, Data Scientist Technische Universität Berlin, Wissenschaftlicher Mitarbeiter* |
| 14:10-14:35 | *Die neue Dimension in der Logistik: Praxisbeispiele zum digitalen Zwilling* | ***Volker Kirchgeorg*** | *Siemens Digital Logistics GmbH, CEO* |
| 14:35-15:00 | *Digitaler Zwilling zur Steuerung von Logistiksystemen* | ***Prof. Dr. Hartmut Zadek*** | *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Leiter des Lehrstuhls für Logistik* |
| 15:00-15:30 | | **Pause** | |
| 15:30-15:55 | *3 Shades of AI – 5G and Quantum Computing setting the stage for digital twins* | ***Prof. Dr. Sabina Jeschke*** | *Deutsche Bahn AG, Vorstand Digitalisierung und Technik, Technische Universität Berlin, Honorarprofessorin* |
| 15:55-16:20 | *„Digitale Zwillinge und ihre Entstehung“ – was wir von Systems Engineering für die Gestaltung eines digitalen Zwillings lernen können* | ***Prof. Dr.-Ing. Lydia Kaiser*** | *Technische Universität Berlin, Leiterin Fachgebiet Digitales Engineering 4.0* |
| 16:20-17:00 | *Diskussion: Anwendungsnutzen und Grenzen digitaler Zwillinge in der Logistik* | ***Prof. Dr.-Ing. Frank Straube*** | *Technische Universität Berlin, Leiter Fachgebiet Logistik* |

# So war es sonst……….




(so hätte es normalerweise ausgesehen)

# Literaturquellen (I/III)


- AnyLogic (2018): ATOM: Digitaler Zwilling des Betriebs der Siemens Turbinenflotte (https://www.anylogic.de/atom-digital-twin-of-siemens-gas-turbine-fleet-operations/)
- Deutsche Bahn (2020): Digital.Trend.Studie: Digital Twin – Zwischen den Welte. Potential, Reifegrad und Einsatzgebiete Digitaler Zwillinge für die DB (https://www.dbsystel.de/resource/blob/5654212/b0c1fa2596dc441d8525c6f53e3ff856/200930_Digital-Trend-Studie_Digital-Twin_FINAL-data.pdf)
- DHL (2019): DHL Supply Chain realisiert für den Kunden Tetra Pak den ersten Digitalen Zwilling eines Lagerhauses in der Region Asien-Pazifik (https://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2019/dhl-supply-chain-realisiert-fuer-tetra-pak-ersten-digitalen-zwilling-eines-lagerhauses-region-asien-pazifik.html)
- Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt BeIntelli (2021 ): diverse Dokumente
- Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt Digital Twin (2021 ): diverse Dokumente
- Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt SELECT (2021 ): diverse Dokumente
- Fachgebiet Logistik, Gerlach und Zarnitz (2021): diverse (noch) unveröffentlichte Dokumente
- Fachgebiet Logistik, Straube (2021): diverse Dokumente
- Grieves, Michael; Vickers, John (2017): Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Cham: Springer International Publishing.

# Literaturquellen (II/III)


- Hannover Messe (2021a): dm-drogerie markt mit dem Deutschen Logistik-Preis ausgezeichnet (https://www.hannovermesse.de/de/news/news-fachartikel/dm-drogerie-markt-mit-dem-deutschen-logistik-preis-ausgezeichnet)
- Hannover Messe (2021b): The Digital Twin – Heart of Industry 4.0 (https://www.hannovermesse.de/event/der-digitale-zwilling-herzstuck-von-industrie-4-0/pan/98873)
- Haße, Hendrik; Li, Bin; Weißenberg, Norbert; Cirullies, Jan; Otto, Boris (2019): Digital twin for real-time data processing in logistics. Unter Mitarbeit von TUHH Universitätsbibliothek.Herden, Tino T. (2020): Managing Supply Chain Analytics – Guiding Organizations to execute Analytics Initiatives in Logistics and Supply Chain Management
- Ivanov, Dmitry; Dolgui, Alexandre (2020): A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0
- Jeschke, Sabina (2020): Mit Digital Twins zum hyperrealistischen Innovationslabor (https://www.linkedin.com/pulse/mit-digital-twins-zum-hyperrealistischen-prof-dr-sabina-jeschke)
- Korth, Benjamin; Schwede, Christian; Zajac, Markus (2018): Simulation-ready digital twin for realtime management of logistics systems. In: 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Seattle, WA, USA, 10.12.2018 - 13.12.2018: IEEE, S. 4194–4201.
- Leng, Jiewu; Yan, Douxi; Liu, Qiang; Xu, Kailin; Zhao, J. Leon; Shi, Rui; Wei, Lijun; Zhang, Ding; Chen, Xin (2020): ManuChain: Combining Permissioned Blockchain With a Holistic Optimization Model as Bi-Level Intelligence for Smart Manufacturing.
- Marmolejo-Saucedo, Jose Antonio (2020): Design and Development of Digital Twins: a Case Study in Supply Chains. In: Mobile Netw Appl 25 (6), S. 2141–2160. DOI: 10.1007/s11036-020-01557-9.

# Literaturquellen (III/III)


- Min, Qingfei; Lu, Yangguang; Liu, Zhiyong; Su, Chao; Wang, Bo (2019): Machine Learning based Digital Twin Framework for Production Optimization in Petrochemical Industry
- Miskinis, Carlos (2020): The history and creation of the digital twin concept (https://www.challenge.org/insights/digital-twin-history/)
- Nitsche, B. (2018): Unravelling the Complexity of Supply Chain Volatility Management", In: Logistics, Vol. 2, No. 3, DOI: https://doi.org/10.3390/logistics2030014
- Siemens (2020): Stephen Ferguson: Apollo 13: The First Digital Twin (https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/apollo-13-the-first-digital-twin/)
- Srai, Jagjit Singh; Settanni, Ettore; Tsolakis, Naoum; Parminder, Kaur Aulakh (2019): Supply Chain Digital Twins: Opportunities and Challenges Beyond the Hype.
- Straube (Hrsg.) Junge et al. (2019): Pathway of Digital Transformation in Logistics - Best Practice Concepts and Future Developments. 8. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2019, 68 S., ISBN: 978-3-7983-3094-8 (https://www.logistik.tu-berlin.de/fileadmin/fg2/Publikationen/pathway_of_digital_transformation_in_logistics_download.pdf)
- Tao, Fei; Qi, Qinglin; Wang, Lihui; Nee, A.Y.C. (2019): Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. In: Engineering 5 (4), S. 653–661. DOI: 10.1016/j.eng.2019.01.014.
- Wagg, D.J.; Worden, K.; Barthorpe, R.J.; Gardner, P. (2020): Digital Twins: State-of-the-Art and Future Directions for Modeling and Simulation in Engineering Dynamics Applications

# Bildquellen (I/III)

- Titelfolie:
  - https://blogs.oracle.com/scm/preparing-your-business-for-the-digital-supply-chain
  - Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt SELECT
- Folie 3:
  - https://www.tagesschau.de/thema/_raumfahrt/
  - https://www.amazon.de/Houston-We-Have-Problem-Astronaut/dp/1797449176
  - https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/apollo-13-the-first-digital-twin/
  - https://industrie.de/technik/internet-of-things-fuer-deutsche-maschinen-und-anlagenbauer/
  - https://www.it-daily.net/it-management/cloud-computing/25546-die-public-cloud-als-entwicklungsmotor
  - https://datasolut.com/was-ist-big-data/
  - https://www.dgq.de/fachbeitraege/was-ist-kuenstliche-intelligenz/
  - https://www.it-zoom.de/mobile-business/e/5g-netz-wird-ausgebaut-25733/https://www.infopoint-security.de/blockchain-was-ist-der-unterschied-zu-einer-herkoemmlichen-datenbank/a15631/
- Folie 4:
  - https://www.windpowerengineering.com/how-digital-twins-could-transform-the-wind-energy-industry/
  - Fachgebiet Logistik, Gerlach und Zarnitz (2021)
- Folie 5:
  - Fachgebiet Logistik, Gerlach und Zarnitz (2021)

# Bildquellen (II/III)

- Folie 6:
  - Haße et al. (2019) Digital Twin for real-time data processing in logistics
  - https://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2019/dhl-supply-chain-realisiert-fuer-tetra-pak-ersten-digitalen-zwilling-eines-lagerhauses-region-asien-pazifik.html
  - https://www.anylogic.de/atom-digital-twin-of-siemens-gas-turbine-fleet-operations/
  - https://www.linkedin.com/pulse/mit-digital-twins-zum-hyperrealistischen-prof-dr-sabina-jeschke
  - https://www.hannovermesse.de/de/news/news-fachartikel/dm-drogerie-markt-mit-dem-deutschen-logistik-preis-ausgezeichnet
  - https://www.begaspecialtools.com/de/aktuelles/messe/hannover-messe-12-16-april-2021/
- Folie 7:
  - Fachgebiet Logistik, Gerlach und Zarnitz (2021)
- Folie 9:
  - https://www.futurebiz.de/artikel/content-distribution-ist-king/
  - https://www.fom.de/studiengaenge/wirtschaft-und-management/bachelor-studiengaenge/management-und-digitalisierung.html
  - https://publicgovernance.de/html/de/Kommunale-Beschaffung.htm
  - https://newsroom.porsche.com/de/unternehmen/leipzig/die-produktion-im-detail.html
  - https://www.anylogic.de/atom-digital-twin-of-siemens-gas-turbine-fleet-operations/
  - https://www.verkehrsrundschau.de/
  - https://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2019/dhl-supply-chain-realisiert-fuer-tetra-pak-ersten-digitalen-zwilling-eines-lagerhauses-region-asien-pazifik.html

# Bildquellen (III/III)

- Folie 12:
  - Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt SELECT
  - https://www.tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/2021/maerz/beintelli/
  - Fachgebiet Logistik, Forschungsprojekt Digital Twin
  - https://www.anylogistix.com/alx-features/
- Folie 13:
  - https://www.dvz.de/rubriken/logistik/detail/news/autonome-lkw-halbieren-logistikkosten.html
  - https://xpert.digital/nachhaltige-logistik-energieeffizienz-im-lager/
  - https://www.datenschutz-praxis.de/datenschutzbeauftragte/entwickeln-sie-ein-datensicherheitskonzept/
  - https://www.zwp-online.info/zwpnews/wirtschaft-und-recht/marketing/kosten-und-nutzen-von-marketing
  - Deutsche Bahn (2020) Digital.Trend.Studie: Digital Twin – Zwischen den Welten (https://www.dbsystel.de/resource/blob/5654212/b0c1fa2596dc441d8525c6f53e3ff856/200930_Digital-Trend-Studie_Digital-Twin_FINAL-data.pdf)
  - https://www.theologie.uni-wuerzburg.de/fakultaet/qualitaetsmanagement/evaluation/
- Folie 14:
  - Fachgebiet Logistik, Zarnitz (2021)